

# DETECTING AND CONTROLLING DEVICE FOR WAVELENGTH MULTIPLEX LIGHT

Publication number: JP2000183854

Publication date: 2000-06-30

Inventor: SUGAYA YASUSHI

Applicant: FUJITSU LTD

Classification:

- international: G02B6/00; H04B10/08; H04B10/16; H04B10/17; H04J14/00; H04J14/02; G02B6/00; H04B10/08; H04B10/16; H04B10/17; H04J14/00; H04J14/02; (IPC1-7): H04J14/00; G02B6/00; H04B10/16; H04B10/17; H04J14/02

- European: H04B10/08A2; H04B10/17; H04J14/02B

Application number: JP19980360078 19981218

Priority number(s): JP19980360078 19981218

Also published as:



EP1011213 (A2)

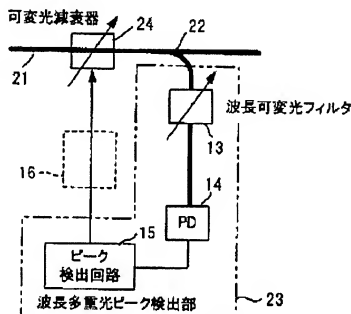
US6873795 (B1)

EP1011213 (A3)

Report a data error here

## Abstract of JP2000183854

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make the power of an output light (wavelength multiplex light) constant through maximum constant control using only one wave having maximum power and to make respective channels nearly equal in level. **SOLUTION:** An optical level control means 24 which controls the optical level of the propagated wavelength multiplexed light is provided, part of the wavelength multiplexed light outputted by the optical level control means 24 is made to branch off, and a variable wavelength optical filter 13 selectively outputs respective wavelength lights included in the wavelength multiplexed light. Then a photoelectric converting means 14 photoelectrically converts the respective wavelength lights outputted by the variable wavelength filter and a peak value detecting means detects the maximum peak value of the electric signal outputted by the photoelectric converting means and inputs a feedback signal to the optical level control means 24 so that the maximum peak value reaches a set value.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-183854  
(P2000-183854A)

(43) 公開日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テラト <sup>*</sup> (参考)		
H 0 4 J	14/00	H 0 4 B	9/00	E	2 H 0 3 8
	14/02	G 0 2 B	6/00	B	5 K 0 0 2
G 0 2 B	6/00	H 0 4 B	9/00	J	
H 0 4 B	10/17				
	10/16				

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願平10-360078	(71) 出願人	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(22) 出願日	平成10年12月18日 (1998.12.18)	(72) 発明者	菅谷 靖 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(74) 代理人	100084711 弁理士 斉藤 千幹 F ターム (参考) 2H038 AA22 AA33 AA34 BA27 5K002 BA05 BA13 BA15 CA09 CA13 DA02 FA01

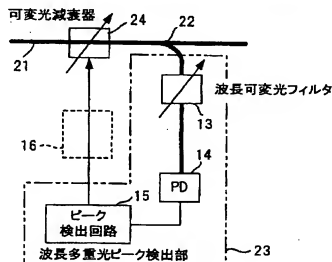
(54) 【発明の名称】 波長多重光の検出及び制御装置

(57) 【要約】

【課題】 パワー最大の一波のみの最大値一定制御で出力光（波長多重光）のパワーを一定にし、かつ、各チャネルのレベルを略均一にする。

【解決手段】 伝搬する波長多重光の光レベルを制御する光レベル制御手段24を設け、光レベル制御手段から出力する波長多重光の一部を分岐し、波長可変光フィルタ13において波長多重光に含まれる各波長光を選択的に出力し、光電変換手段14で波長可変光フィルタから出力する各波長光を光電変換し、ピーク値検出手段において光電変換手段から出力する電気信号の最大ピーク値を検出し、該最大ピーク値が設定値となるように帰還信号を光レベル制御手段24に入力する。

本発明の波長多重光制御装置の第1実施例



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 波長多重光の各波長光を選択的に透過する帯域幅を持つ波長可変光フィルタ、

波長軸に掃引した波長可変光フィルタで透過される光を光電変換する光電変換手段、

光電変換手段から出力する電気信号のピークを検出するピーク検出手段、

を備えたことを特徴とする波長多重光検出装置。

【請求項 2】 周期的に各波長光を波長可変光フィルタより出力する周期的掃引手段、

を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の波長多重光検出装置。

【請求項 3】 波長可変光フィルタの後段に光等化フィルタ、

を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の波長多重光検出装置。

【請求項 4】 前記波長可変光フィルタに 1 以上の別の波長可変光フィルタを縦続接続し、各波長可変光フィルタを周期的に同期掃引することを特徴とする請求項 2 記載の波長多重光制御装置。

【請求項 5】 伝搬する波長多重光の光レベルを制御する光レベル制御手段、

光レベル制御手段から出力する波長多重光の一部を分岐する光分岐手段、

分岐した波長多重光の各波長光を選択的に出力する波長可変光フィルタ、

波長可変光フィルタから出力する光を光電変換する光電変換手段、

光電変換手段から出力する電気信号のピークを検出するピーク検出手段、

最大のピーク値が設定値となるように帰還信号を前記光レベル制御手段に入力するフィードバック手段、

を備え、光レベル制御手段は帰還信号に基づいて光レベル制御を行うことを特徴とする波長多重光制御装置。

【請求項 6】 伝搬する波長多重光を増幅する光ファイバ増幅器、

光ファイバ増幅器から出力する波長多重光の一部を分岐する光分岐手段、

分岐した波長多重光の各波長光を選択的に出力する波長可変光フィルタ、

波長可変光フィルタから出力する光を光電変換する光電変換手段、

光電変換手段から出力する電気信号のピークを検出するピーク検出手段、

最大のピーク値が設定値となるように帰還信号を前記光ファイバ増幅器の励起光源へ入力するフィードバック手段、

を備えたことを特徴とする波長多重光制御装置。

【請求項 7】 前記光ファイバ増幅器から出力する波長多重光のトータルパワーを検出するパワー検出手段、

前記フィードバック手段は、波長多重数を認識した上で、前記最大ピーク値に応じて、(1) 該最大ピーク値が設定値となるように、あるいは、(2) 前記検出パワーが設定パワーとなるように、双方からの帰還信号を選択し、前記光ファイバ増幅器の励起光源に入力する、ことを特徴とする請求項 6 記載の波長多重光制御装置。

【請求項 8】 前記光電変換手段から出力する電気信号のピーク数に基づいて波長多重数を検出する手段を備え、

10 前記設定パワーを波長多重数に応じて変更することとを特徴とする請求項 7 記載の波長多重光制御装置。

【請求項 9】 前記光ファイバ増幅器への入力光と該光ファイバ増幅器からの出力光のパワー比である光利得を検出する手段、

を備え、前記フィードバック手段は前記最大ピーク値に応じて、(1) 該最大ピーク値が設定値となるように、あるいは、(2) 前記検出利得が設定利得となるように、双方からの帰還信号を選択し、前記光ファイバ増幅器の励起光源に入力する、

20 ことを特徴とする請求項 5 記載の波長多重光制御装置。

【請求項 10】 伝搬する波長多重光を増幅する光ファイバ増幅器、

光ファイバ増幅器への入力光と光ファイバ増幅器からの出力光のパワー比である光利得が設定利得となるように帰還信号を前記光ファイバ増幅器の励起光源入力するフィードバック手段、

光ファイバ増幅器から出力する波長多重光の光レベルを制御する光レベル制御手段、

光レベル制御手段から出力する波長多重光の一部を分岐する光分岐手段、

30 分岐した波長多重光の各波長光を選択的に出力する波長可変光フィルタ、

波長可変光フィルタから出力する光を光電変換する光電変換手段、

光電変換手段から出力する電気信号の最大ピーク値を検出するピーク値検出手段、

最大ピーク値が設定値となるように帰還信号を前記光レベル制御手段に入力するフィードバック手段、

40 を備え、光レベル制御手段は帰還信号に基づいて光レベル制御を行うことを特徴とする波長多重光制御装置。

【請求項 11】 伝搬する波長多重光を増幅する第 1 の光ファイバ増幅器、第 1 の光ファイバ増幅器への入力光と出力光のパワー比である光利得が設定利得となるように帰還信号を第 1 の光ファイバ増幅器の励起光源に入力する第 1 のフィードバック手段、

第 1 の光ファイバ増幅器から出力する波長多重光の光レベルを制御する光レベル制御手段、

光レベル制御手段から出力する波長多重光を増幅する第 2 の光ファイバ増幅器、

50 第 2 の光ファイバ増幅器への入力光と出力光のパワー比

3

である光利得が設定利得となるように帰還信号を第2の光ファイバ増幅器の励起光源に入力する第2のフィードバック手段、

第2の光ファイバ増幅器から出力する波長多重光の一部を分岐する光分岐手段、

分岐した波長多重光の各波長光を選択的に出力する波長可変光フィルタ、

波長可変光フィルタから出力する光を光電変換する光電変換手段、

光電変換手段から出力する電気信号のピークを検出する 10 ピーク検出手段、

最大のピーク値が設定値となるように帰還信号を前記光レベル制御手段に入力する第3のフィードバック手段、  
を備え、光レベル制御手段は帰還信号に基づいて光レベル制御を行うことを特徴とする波長多重光制御装置。

【請求項12】 前記第2の光ファイバ増幅器から出力する波長多重光のパワーを検出するパワー検出手段、  
を備え、前記第3のフィードバック手段は前記最大ピーク値に応じて、(1) 波長最大ピーク値が設定値となるように、あるいは、(2) 前記検出パワーが設定パワーとなる 20 ように帰還信号を前記光レベル制御手段に入力する、ことを特徴とする請求項11記載の波長多重光制御装置。

【請求項13】 前記光電変換手段から出力する電気信号のピーク数に基づいて波長多重数を検出する手段を備え、

前記設定パワーを波長多重数に応じて変更することとを特徴とする請求項12記載の波長多重光制御装置。

【請求項14】 前記波長可変光フィルタに1以上の別の波長可変光フィルタを連続接続し、各波長可変光フィルタを周期的に同期抽引すること、 30

を特徴とする請求項5又は請求項6又は請求項10又は請求項11記載の波長多重光制御装置。

【請求項15】 波長可変光フィルタの後段に光等化フィルタ、を備えたことを特徴とする請求項5又は請求項6又は請求項10又は請求項11記載の波長多重光制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は波長多重光の検出及び制御装置に係わり、特に、波長多重光のピークを検出する検出装置及び最大のピーク値に基づいて波長多重光の強度を制御する制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、マルチメディアネットワークの進展に伴い情報需要は飛躍的に増大し、情報容量が集約する幹線系光伝送システムにおいて、さらなる大容量化及び柔軟なネットワーク形成が求められている。現状では、波長多重 (Wavelength Division Multiplexing; WDM) 伝送方式が、このようなシステム需要に対応する 50

4

最も有効な手段であり、現在すでに北米を中心に商用化が進められている。このようなWDM伝送システムにおいて、伝送路中の各チャネルの光レベルの管理は重要であり、管理の善し悪しが光増幅器等の機能デバイスの動作状態などに大きく影響し、それにより伝送品質が大きく変化する。このため、WDM伝送方式では、究極にすべての中継段において、各波長レベル、S/Nなどの管理が必要である。しかし、全中継段に波長毎にレベル検出装置やレベル制御装置を設置するのは、光伝送システムの低コスト化等の観点から不適であり、コスト面を考慮したより簡易で必要最小限の波長多重光検出および制御機能が要求されている。かかる観点から従来いろいろな対策が提案されている。

【0003】図17は従来の波長多重光の検出装置の例であり、簡易の光スペクトルモニタを設置するもので、K.Otsuka et al.の論文(EOC'97,Tu3,p147)等で報告されている例である。ファイバ101から出射した波長多重光を回折格子102により波長分離してホトダイオードアレイ103に入射し、各波長のレベルを各ホトダイオードで検出する手法であり、区間監視に必要な最小限のホトダイオード数で各波長のレベルを検出する方式である。

【0004】図18は従来の波長多重光の検出及び制御装置の第2の例であり、K.Suzukiet al.の論文(IEEE Photon.Tech.Lett.,vol.10,p734,1998)に記載されている例である。この波長多重光の検出及び制御装置では、光利得一定制御の第1、第2の光ファイバ増幅器110、120を縦続接続し、その間に光減衰器130を設け、かつ、第2の光ファイバ増幅器の出力光の強度が一定となるようにフィードバック回路140を設けている。第1、第2の光ファイバ増幅器110、120において、111、121は光アイソレータ、112、122は波長多重光を増幅する希土類元素添加ファイバ、例えばエルビウムドープファイバ、113、123は信号光より波長が短くエネルギーの大きな励起光を発生してエルビウムドープファイバに導くレーザダイオード (励起光源)、114、124は光分岐器、115、125は各光ファイバ増幅器から出力する波長多重光のパワーを検出する受光器 (ホトダイオード)、116、126は各光ファイバ増幅器に入力する波長多重光のパワーを検出する受光器 (ホトダイオード)、117、127は各光ファイバ増幅器への入力光と出力光のパワー比 (光利得) が設定利得となるように各光ファイバ増幅器の励起光源113、123へ帰還信号入力する光利得一定制御部である。

【0005】又、フィードバック回路140において、141は第2の光ファイバ増幅器から出力する波長多重光を波長ごとに分離して出力する波長分岐器、142、143は各波長  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  の強度 (レベル) を検出するホトダイオード、143は各波長のレベルのうち最

大値を検出する最大値検出部、144は最大値が設定値となるように帰還信号を光減衰器130に出力する光出力一定制御部であり、光減衰器130は帰還信号に基づいて光レベル制御を行う。第2の従来例では、光ファイバ増幅器を縦続接続することにより高出力が得られる。又、光ファイバ増幅器では波長により利得が変化するが、利得一定制御を行うことにより各波長の利得を均一にできる(利得の波長依存性を一定にできる)。又、各波長の利得を均一にできるため各波長のレベルを略均一にでき、このためパワーが最大となる波長を検出し、その最大値が設定値となるように制御することで出力光のパワー一定制御が可能になる。すなわち、チャネル数に関係なくパワー最大の一波のみの制御で出力光のパワー一定制御が可能になる。

【0006】この第2の従来例は、波長毎にレベルを検出する点で第1の従来例と似ている。しかし、第2の従来例は、(1) 波長多重光をファイバ中に閉じ込めた状態でアレイ導波路型(AWG)などの波長合分波器を用いて波長多重光を各波長毎に分離する。(2) 各チャネル毎のパワーを検出した後これらの最大値を算出して光減衰器に帰還制御してチャネル当りのパワーを一定制御する。(3) 波長合分波器の波長分枝数の制限から受光波長数が制限される点等で第1従来例と相違する。

【0007】図19は従来の波長多重光の検出及び制御装置の第3の例であり、佐伯等の報告(NE技術vol.51, no.4, p45, 1998)に記載されているものである。この波長多重光の検出及び制御装置において、光サーキュレータ150は入射した波長多重光を波長合分波器160に入力し、波長合分波器160は波長多重光を各チャネルの波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ に分離する。分離された各チャネルの波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ は、可変光減衰器17<sub>1</sub>~17<sub>n</sub>、全反射ミラ17<sub>2</sub>~17<sub>2n</sub>、光分岐コプラ17<sub>3</sub>~17<sub>3n</sub>を介してホトダイオード17<sub>4</sub>~17<sub>4n</sub>に入力する。ホトダイオード17<sub>4</sub>~17<sub>4n</sub>は入力した各波長光を光電変換し、可変光減衰器17<sub>1</sub>~17<sub>1n</sub>に帰還する。これにより、各チャネルの各波長のレベルが一定レベルに個々に調整されることになる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】図17に示す第1従来例の波長多重光検出装置は、構成が大型化し、しかも、光学系が存在する。このため、全ての中継段において必要とされる波長多重光の検出/制御装置に向きである。図18の第2の従来例の波長多重光の検出/制御装置は、高価な波長合分波器が必要であり、しかも、波長合分波器により波長分割するチャネル数に限界があり、更には、チャネル数や波長の変更などに柔軟に対応できない問題がある。図19の第3の従来例の波長多重光の検出/制御装置は、チャネル毎に個々にレベル調整するたため高精度の制御ができるが、高価な波長合分波器が必要となり、しかも、チャネル毎に光減衰器、全反射ミラー、光分岐器、ホトダイオードなどが必要になり構成が

大型化する。又、チャネル数や波長変更などに柔軟に対応できない問題がある。

【0009】以上のように、従来、波長多重光の検出・制御装置としてさまざまな方法、構成が提案されているが、それぞれ問題点を有する。波長多重光の検出・制御装置として必要な機能を列挙すると、

- ・各チャネルに割り当てた波長光の一波当りの光パワーの検出及びその一定制御(あるいはその最大値の検出及びその一定制御)が可能であること、
  - ・多重波長数の把握が可能であること、
  - ・チャネル波長や多重波長数に依存しない構成であること
  - ・低コスト、小型、簡易な構成であること
- などである。従来装置はこれら幾つかは満たしているものの、全てを満足するにいたっていない。

【0010】以上から本発明の目的は、簡単な構成で、しかも、高価な波長合分波器を必要とせず、更には、チャネル波長や多重波長数に依存せず、パワー最大の一波の制御で出力光のパワー一定制御が可能であり、又、多重波長数の把握が可能な波長多重光の検出装置及び制御装置を提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の波長多重光検出装置は、(1) 伝搬する波長多重光の一部を分岐する光分岐手段、(2) 分岐した波長多重光の各波長光を選択的に出力する波長可変光フィルタ、(3) 波長可変光フィルタから出力する光を光電変換する光電変換手段、(4) 光電変換手段から出力する電気信号のピークを検出するピーク検出手段を備えている。かかる波長多重光検出装置によれば、ホトダイオードアレイ、波長合分波器などを使用せず、小型、簡単な構成で、しかも、チャネル数に制限されることなく、波長多重光に含まれる各波長光のパワーのうち最大のものを検出できる。又、周期的掃引手段を設けることにより、周期的に各波長光を波長可変光フィルタより出力でき、容易に各波長光のパワーのピーク値/最大ピーク値、波長多重数(チャネル数)を検出できる。又、2以上の波長可変光フィルタを縦続接続し、各波長可変光フィルタを周期的に同期掃引することにより、半偏幅の狭い波長光を出力でき、波長間隔が短い場合に有利である。又、波長可変光フィルタの後段に光等化フィルタを設けることにより、各波長の光パワーの検出精度を向上でき、ピーク値、波長多重数の検出精度を向上することができる。

【0012】本発明の第1の波長多重光制御装置は、(1) 伝搬する波長多重光の光レベルを制御する光レベル制御手段、あるいは、伝搬する波長多重光を増幅する光ファイバ増幅器、(2) 光レベル制御手段あるいは光ファイバ増幅器から出力する波長多重光の一部を分岐する光分岐手段、(3) 分岐した波長多重光の各波長光を選択的に出力する波長可変光フィルタ、(4) 波長可変光フィルタ

タから出力する光を光電変換する光電変換手段、(5) 光電変換手段から出力する電気信号のピークを検出するピーク検出手段、(6) 最大のピーク値が設定値となるように帰還信号を光レベル制御手段あるいは光ファイバ増幅器の励起光源に入力するフィードバック手段、を備えている。かかる第1の波長多重光制御装置によれば、ホトダイオードアレイ、波長合成分散器などを使用せず、小型、簡単な構成で、しかも、チャネル数に制限されずに、波長多重光に含まれる各波長光のパワーのうち最大

10

のものを検出し、該最大値が設定値になるように制御でき、これにより出力光のパワーを一定に制御できる。又、2以上の波長可変光フィルタを縦続接続し、各波長可変光フィルタを周期的に同期掃引することにより、半値幅の狭い波長光を出力でき、波長間隔が短い場合にも各波長の光レベルの検出精度を向上して高精度の光出力レベルの一定制御ができる。又、波長可変光フィルタの後段に光等化フィルタを設けることにより、各波長の光パワーの検出精度を向上して高精度の光出力レベルの一定制御ができる。

【0013】又、フィードバック手段は最大ピーク値に  
 応じて、(1) 該最大ピーク値が設定値となるように帰還  
 信号を作成し、あるいは、(2) 波長多重光のトータルの  
 検出パワーが設定パワーとなるように帰還信号を作成し、  
 該帰還信号を光ファイバ増幅器の励起光源に入力する。  
 このようにすれば、最大ピーク値が各波長の光レベ  
 ルより突出する場合であっても、最大値一定制御を効果  
 的に行うことができる。又、光電変換手段から出力する  
 電気信号のピーク数に基づいて波長多重数を検出し、設  
 定パワーを波長多重数に応じて変更することにより、良  
 好な光レベル一定制御ができる。又、フィードバック手  
 段は最大ピーク値に応じて、(1) 該最大ピーク値が設定  
 値となるように帰還信号を作成し、あるいは、(2) 検出  
 利得（光ファイバ増幅器への入力光と光ファイバ増幅器  
 からの出力光のパワー比）が設定利得となるように帰還  
 信号を作成し、該帰還信号を前記光ファイバ増幅器の励  
 起光源に入力する。このようにすれば、過度のゲインチ  
 ルトを発生させることなく、最大値一定制御を効果的に  
 行うことができる。

【0014】本発明の第2の波長多重光制御装置は、

(1) 伝搬する波長多重光を増幅する光ファイバ増幅器、  
 (2) 光ファイバ増幅器への入力光と光ファイバ増幅器か  
 らの出力光のパワー比である光利得が設定利得となるよ  
 うに帰還信号を前記光ファイバ増幅器の励起光源入力す  
 るフィードバック手段、(3) 光ファイバ増幅器から出力  
 する波長多重光の光レベルを制御する光レベル制御手  
 段、(4) 光レベル制御手段から出力する波長多重光の一  
 部を分岐する光分岐手段、(5) 分岐した波長多重光の各  
 波長光を選択的に出力する波長可変光フィルタ、(6) 波  
 長可変光フィルタから出力する光を光電変換する光電変  
 換手段、(7) 光電変換手段から出力する電気信号のピー

クを検出するピーク検出手段、(8) 最大のピーク値が設  
 定値となるように帰還信号を前記光レベル制御手段に入  
 力するフィードバック手段、を備え、光レベル制御手段  
 は帰還信号に基づいて光レベル制御を行う。かかる第2  
 の波長多重光制御装置によれば、利得一定制御部におい  
 て利得一定制御を行って各チャネルの利得を均一にし、  
 これにより、各波長光レベルを略均一にした状態で最大  
 値一定制御をするため、チャネル数に関係なくパワー最  
 大の一波のみの制御で出力光のパワー一定制御ができ、  
 しかも、各チャネルのレベルを均一にできる。

【0015】本発明の第3の波長多重光制御装置は、

(1) 伝搬する波長多重光を増幅する第1の光ファイバ増  
 幅器、(2) 第1の光ファイバ増幅器への入力光と出力光  
 のパワー比である光利得が設定利得となるように帰還信  
 号を第1の光ファイバ増幅器の励起光源に入力する第1の  
 フィードバック手段、(3) 第1の光ファイバ増幅器か  
 ら出力する波長多重光の光レベルを制御する光レベル制  
 御手段、(4) 光レベル制御手段から出力する波長多重光  
 を増幅する第2の光ファイバ増幅器、(5) 第2の光ファ  
 イバ増幅器への入力光と出力光のパワー比である光利得  
 が設定利得となるように帰還信号を第2の光ファイバ増  
 幅器の励起光源に入力する第2のフィードバック手段、  
 (6) 第2の光ファイバ増幅器から出力する波長多重光の  
 一部を分岐する光分岐手段、(7) 分岐した波長多重光の  
 各波長光を選択的に出力する波長可変光フィルタ、(8)  
 波長可変光フィルタから出力する光を光電変換する光電  
 変換手段、(9) 光電変換手段から出力する電気信号のピー  
 クを検出するピーク検出手段、(10) 最大のピーク値  
 が設定値となるように帰還信号を前記光レベル制御手段  
 に入力する第3のフィードバック手段、を備え、光レベ  
 ル制御手段は帰還信号に基づいて光レベル制御を行う。  
 かかる第3の波長多重光制御装置によれば、チャネル数  
 に関係なくパワー最大の一波のみの制御で出力光のパワ  
 ー一定制御ができ、しかも、各チャネルのレベルを均一  
 にでき、更には、高出力、他チャネル化が可能となる。

【0016】

【発明の実施の形態】(A) 波長多重光検出装置

(a) 第1実施例

図1は本発明の波長多重光検出装置の第1実施例構成図  
 であり、11は波長多重光を伝搬する光ファイバ、12  
 は波長多重光を分岐する光分岐カプラ、13は分岐した  
 波長多重光の各波長光を選択的に出力する波長可変可  
 変の波長可変光フィルタ、14は波長可変光フィルタから  
 出力する光を光電変換する光電変換手段としてのホトダ  
 イオード(PD)、15はホトダイオードから出力する  
 電気信号のピーク（例えば最大ピーク）を検出するピー  
 ク検出回路である。波長可変光フィルタ13としては、  
 音響光学波長可変光フィルタ、電気光学波長可変光フ  
 イルタ、熱光学波長可変光フィルタ、機械式波長可変光フ  
 イルタなどがあるが、本発明では音響光学波長可変光フ

50

ィルタ、電気光学波長可変フィルタが掃引速度などの点から最適である。

【0017】図2は音響光学波長可変フィルタの構成図であり、13aはLiNbO<sub>3</sub>（ニオブ酸リチウム）などの電気光学効果を有する基板に形成されたSAW増波路、13bはすだれ電極（Interdigital Transducer; IDT）、13cはT1拡散によってSAW増波路を挟むように形成されたSAWクラッド、13d、13eは弾性表面波（Surface Acoustic Wave; SAW）を吸収する吸収体、13f、13gはT1拡散により形成された光導波路、13h、13iは偏光無依存動作させるための交差型の偏光ビームスプリッタ（Polarization Beam Splitter; PBS）で、2本の直線導波路を挟んだ構成になっている。13jはすだれ電極13bに170～180MHzの高周波信号を印加する高周波信号付与部であり、高周波発生器13j-1に、すだれ電極IDTの入力キャパシタンスを打ち消すためのインダクタンス13j-2を直列に接続した構成を有している。すだれ電極13に高周波信号を印加すると弾性表面波SAWが発生し、この弾性表面波はその周波数に応じた特定の波長の偏波を90°回転させる効果がある。このため、入力側と出力側に偏光ビームスプリッタ13h、13iを設けて偏光分離することにより可変波長フィルタを実現できる。例えば、入力光としてTEモードの波長多重光を波長可変フィルタ13に入力すると、すだれ電極に印加する高周波信号の周波数に応じた波長の偏波のみが90°回転してTMモードの偏波になり、該TMモードの偏波が光導波路13gから出力する。

【0018】図3は波長可変フィルタのチューニング特性を示すもので、横軸は高周波信号の周波数、縦軸は選択波長を示している。高周波信号の周波数に反比例して選択波長が短くなっている。従って、高周波信号付与部13jから出力する高周波信号の周波数を所定周期で掃引することにより入力光に含まれる各波長光を順次選択的に出力できる。以上より、波長多重光が光ファイバ11に入射すると、光分岐コブラ2は波長多重光の一部を分岐して波長可変フィルタ13に入力する。波長可変フィルタ13は周期的に所定幅で中心波長掃引しているから、波長多重光に含まれる各波長光を順次分離してホトダイオード14に入力し、ホトダイオード14は入力光を電気信号に光電変換してピーク検出回路15に入力する。

【0019】図4は波長多重光の入射スペクトルと受光レベルの時間変化説明図である。波長可変フィルタ13は周期的に所定幅で中心波長掃引しているから、ホトダイオード14で受光する光パワーは波長軸が時間軸に変換されるパワー変化を示す。例えば、図4(a)に示すような波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ が多重した波長多重光が入射すると、中心波長往復掃引により光電変換後のレベル変化は、図4(b)に示すようになる。ピーク検出回路15は図4(b)の波形に対してピーク値検出を行い、

最大ピーク値あるいは各ピーク値、ピーク数を検出する。最大ピーク値は、波長多重光に含まれる多数の波長光のうちスペクトルが最大の波長光の光レベル（光パワー）を示している。

#### 【0020】(b) 第2実施例

図5は本発明の波長多重光検出装置の第2実施例構成図であり、図1の第1実施例と同一部分には同一符号を付している。第2実施例において第1実施例と異なる点は、2以上の波長可変フィルタ13<sub>1</sub>～13<sub>n</sub>を連続接続し、各波長可変フィルタ13<sub>1</sub>～13<sub>n</sub>を同期掃引している点である。1つの波長可変フィルタだけではピーク値が1/2になる波長幅（半値幅）が広くなり、波長選択性が悪い。そこで、第2実施例のように、複数の波長可変フィルタ13<sub>1</sub>～13<sub>n</sub>を連続接続すれば、より半値幅の狭い波長光を出力でき、波長選択性を向上できる。

#### 【0021】(c) 第3実施例

図6は本発明の波長多重光検出装置の第3実施例構成図であり、図1の第1実施例と同一部分には同一符号を付している。第3実施例において第1実施例と異なる点は、波長可変フィルタ13とホトダイオード14の間に光等化フィルタ16を設けた点である。各波長のスペクトルが同一でも波長可変フィルタ13から出力する各波長のピーク値は異なり、正確なピーク検出ができない。そこで、第3実施例では、入力スペクトルが同一であれば各波長のピーク値が同一レベルになるような等化特性を備えた光等化フィルタ16を波長可変フィルタ13の後段に設ける。これにより、精度良くピーク検出、最大ピーク値の検出が可能になる。

#### 【0022】(B) 波長多重光制御装置

##### (a) 第1実施例

図7は本発明の波長多重光制御装置の第1実施例構成図であり、21は波長多重光を伝播する光ファイバ、22は波長多重光を分岐する光分岐コブラ、23は波長多重光のピークを検出する波長多重光ピーク検出部、24は出力光の光レベルを制御するデバイスで、例えば、可変光減衰器である。可変光レベル制御デバイスとしては可変光減衰器の他に、外部光変調器、半導体光増幅器などを用いることができる。波長多重光ピーク検出部23は図1の波長多重光検出装置と同様構成を有し、13は分岐した波長多重光の各波長光を選択的に出力する中心波長可変の波長可変フィルタ、14は波長可変フィルタから出力する光を光電変換する光電変換手段としてのホトダイオード（PD）、15はホトダイオードから出力する電気信号の最大ピーク値を検出して可変光減衰器24に入力するピーク検出回路である。

【0023】波長多重光が光ファイバ21に入射すると、光分岐コブラ22は可変光減衰器24から出力する波長多重光の一部を分岐して波長多重光ピーク検出部23の波長可変フィルタ13に入力する。波長可変フィルタ

11

フィルタ 13 は周期的に所定幅で中心波長掃引しているから、波長多重光に含まれる各波長光を順次分離してホトダイオード 14 に入力し、ホトダイオード 14 は入力光を電気信号に光電変換してピーク検出回路 15 に入力する。ピーク検出回路 15 は最大ピーク値、すなわち、波長多重光に含まれる多数の波長光のうちスペクトルが最大の波長光の光レベルを検出し、最大ピーク値が設定値となるように帰還信号を生成して可変光減衰器 24 に入力する。例えば、検出した最大ピーク値と設定値との差を帰還信号として可変光減衰器 24 に入力する。可変光減衰器 24 は帰還信号に基づいて出力光のレベルを制御する。以後、上記フィードバック制御が継続して行われ、最大ピーク値が設定値になる。尚、ピーク検出回路 15 の後段に最大ピーク値と設定値の差を演算して可変光減衰器 24 に入力するフィードバック回路 16 を設けるように構成することもできる。

【0024】以上要約すれば、波長多重光に含まれる各波長光のスペクトルに対応する受光レベルの時間変化が得られ、これのピーク検出により、通常、各チャネル（最大ピーク値）の検出を行い、この検出値をもとに可変光レベル制御デバイスへ帰還制御する。波長に対する利得等化が十分に行われているれば、通常、各チャネル（各波長光）のレベル誤差は小さいと考えられる。また、チャネル当りの出力レベルの最大値は主に伝送路光ファイバの非線型により規定される。従って、上記のような最大値検出／最大値一定制御により、全チャネルにわたり十分なレベル一定制御が行える。以上では、波長多重ピーク検出部 23 として図 1 の構成を使用した場合について説明したが、図 5 の波長可変光フィルタ 13<sub>1</sub>～13<sub>n</sub> を縦続接続した構成や図 8 の光等化フィルタ 18 を波長可変光フィルタ 13 の後段に設ける構成を使用することもできる。

#### 【0025】(b) 第 2 実施例

図 8 は本発明の波長多重光制御装置の第 2 実施例構成図であり、図 7 の第 1 実施例と同一部分には同一符号を付している。図 8 の第 2 実施例において第 1 実施例と異なる点は、出力光のレベルを制御する手段として、可変光減衰器に替えて光ファイバ増幅器を使用している点である。図 8 において、25、26 は光アイソレータ、27 は励起光と信号光を合波する波長多重コブラ、28 は信号光を増幅するエルビウムドープファイバ (EDF) などの光増幅用ファイバ、29 は信号光より波長が短くエネルギーの大きな励起波長光を発生して光増幅用ファイバに入力するレーザダイオード（励起光源）である。

【0026】光ファイバ 22 に入射した波長多重光（信号光）は、光アイソレータ 25 を通過し、波長多重コブラ 27 において励起光源 29 から出射した励起波長光と合波し、光増幅用ファイバ 28 に入射し増幅される。増幅された波長多重光は光アイソレータ 26 を通過して、光分岐コブラ 22 に到る。光分岐コブラ 22 は波長

12

多重光の一部を分岐して波長多重ピーク検出部 23 の波長可変光フィルタ 13 に入力する。波長可変光フィルタ 13 は周期的に所定幅で中心波長掃引しているから、波長多重光に含まれる各波長光を順次分離してホトダイオード 14 に入力し、ホトダイオード 14 は各波長光のパワーを電気信号に光電変換してピーク検出回路 15 に入力する。ピーク検出回路 15 は最大ピーク値、すなわち、波長多重光に含まれる多数の波長光のうちスペクトルが最大の波長光の光レベルを検出し、最大ピーク値が設定値となるように帰還信号を生成して励起光源 29 に入力する。励起光源 29 は帰還信号に基づいて励起波長光の強度を制御し、光増幅用ファイバ 28 から出力する光レベルを制御する。以後、上記フィードバック制御が継続して行われ、最大ピーク値が設定値になる。尚、ピーク検出回路 15 の後段に最大ピーク値と設定値の差を演算して励起光源 29 に入力するフィードバック回路 20 を設けるように構成することもできる。

【0027】この第 2 実施例の最大値検出／最大値一定制御においても、第 1 実施例と同じ理由により、全チャネルにわたり十分なレベル一定制御を行うことができる。以上では、波長多重ピーク検出部 23 として図 1 の構成を使用した場合について説明したが、図 5 の波長可変光フィルタ 13<sub>1</sub>～13<sub>n</sub> を縦続接続した構成や図 6 の光等化フィルタ 18 を波長可変光フィルタ 13 の後段に設ける構成を使用することもできる。

#### 【0028】(c) 第 3 実施例

図 9 は本発明の波長多重光制御装置の第 3 実施例構成図であり、図 8 の第 2 実施例と同一部分には同一符号を付している。図 9 の第 3 実施例において第 2 実施例と異なる点は、(1) 出力光のレベルを制御する手段として、最大値一定制御系とトータルパワー一定制御系を設け、(2) 最大ピーク値と設定ピーク値との差に基づいて適宜、最大値一定制御とトータルパワー一定制御を行うようにした点である。

【0029】第 1、第 2 実施例では各チャネル（各波長光）のレベル誤差が小さいということを前提とした制御であった。しかし、状況によっては最大ピーク値（ある波長光のピーク値）が他の波長光のピーク値より大きくなり過ぎて突出する場合がある。かかる場合、第 1、第 2 実施例の最大値一定制御では突出した波長光のパワー（最大ピーク値）により支配され、出力光を一定にできず、しかも、各チャネルのレベル差が大きくなる。そこで、最大ピーク値が突出すれば、出力光のトータルパワー一定制御を行って各チャネルのレベル差を小さくし、最大ピーク値が突出しなれば、最大値一定制御を行って出力光を一定にすると共に全チャネルにわたり略レベルを一定にする。すなわち、トータルパワーが  $P_p$ 、ピーク検出値が  $P_{peak}$  となった場合、チャネル数  $N$  とす

ると、  

$$P_p < P_{peak} \cdot N$$



となる場合には、トータルパワー一定制御を行いトータルパワー $P_0$ によるフィードバックを支配的にする。

【0030】図9において、30は分枝カプラ22で分枝した波長多重光を更に分枝して最大値一定制御系とトータルパワー一定制御系に入力する分枝カプラ、31は波長多重光を電気信号に光電変換するホトダイオード、32は入力した電気信号より波長多重光(出力光)のトータルパワーを検出し、パワー検出値とパワー設定値の差を出力するトータルパワー一定制御部、33は制御補正部であり、検出した最大ピーク(ピーク検出値)とピーク設定値との差により、(1) 該ピーク検出値がピーク設定値となるように、あるいは、(2) パワー検出値がパワー設定値となるように帰還信号を光ファイバ増幅器の励起光源29に入力するものである。

【0031】図10は制御補正部33の構成例であり、33aはピーク検出値とピーク設定値の差を演算して出力するオペアンプ、33bはパワー検出値とパワー設定値の差を演算して出力するオペアンプ、33c、33dはダイオードで、ダイオードスイッチを構成しており、2つのオペアンプのうちレベルが高い方を出力するように接続されている。ピーク検出値がピーク設定値より相当大きくないと、オペアンプ33aの出力は負で、その絶対値は大きくなる。ピーク検出値が大きくなっても検出パワーの変化は小さく、オペアンプ33bの出力の絶対値は小さい。このため、オペアンプ33bの出力レベルがオペアンプ33aの出力レベルより高くなり、パワー検出値とパワー設定値の差が帰還信号となって励起光源29に入力し、該パワー差が零となるような制御が行われる。一方、ピーク検出値とピーク設定値の差が小さい場合には、オペアンプ33aの出力レベルがオペアンプ33bの出力レベルより高くなり、ピーク検出値とピーク設定値の差が帰還信号となって励起光源29に入力し、ピーク検出値がピーク設定値となるような制御が行われる。

【0032】以上第3実施例では、波長多重光ピーク検出部23として図1の構成を使用した場合について説明したが、図5の波長可変光フィルタ13<sub>1</sub>〜13<sub>n</sub>を縦続接続した構成や図6の光等化フィルタ16を波長可変光フィルタ13の後段に設ける構成を使用することもできる。又、第3実施例では、チャンネル数Nが既知として該チャンネル数に応じたパワー設定値を固定しているが、チャンネル数を検出し、該検出チャンネル数に応じてパワー設定値を決定するようにもできる。図11は第3実施例の変形例であり、34は波長数カウンタであり、図4(b)のような波形に対してそのピークをカウントすることにより波長多重光に含まれる波長光の数を得ようになっている。具体的には、ホトダイオード14の出力信号が所定閾値以上になったときTTLレベルで“1”と認識してその立上りでカウントし、波長可変光フィルタ13の掃引半周期の期間におけるカウント数をチャネル

数としてトータルパワー一定制御部32に入力する。

【0033】(d) 第4実施例

図12は本発明の波長多重光制御装置の第4実施例構成図であり、図8の第2実施例と同一部分には同一符号を付している。図12の第4実施例において第2実施例と異なる点は、(1) 出力光のレベルを制御する手段として、最大値一定制御系と利得一定制御系を設け、(2) 最大ピーク値と設定ピーク値との差に基づいて適宜、最大値一定制御と利得一定制御を行うようにした点である。

第1、第2実施例では各チャネル(各波長光)のレベル誤差が小さいということを前提とした制御であった。しかし、状況によっては最大ピーク値(ある波長光のピーク値)が他の波長光のピーク値より大きくなり過ぎて突出する場合がある。かかる場合、第1、第2実施例の最大値一定制御では突出した光のパワー(最大ピーク値)により支配され、光出力を一定にできず、しかも、各チャネルのレベル差が大きくなる。そこで、最大ピーク値が突出すれば、利得一定制御を行って各チャネルの利得を略均一にする。すなわち、光ファイバ増幅器では波長により利得が変化するが、利得一定制御を行うことにより各波長の利得を均一にできる(利得の波長依存性を一定にする)。利得が均一になれば、各チャネルのレベル差が小さくなり、これにより最大ピーク値が突出しなくなれば、最大値一定制御を行って全チャネルにわたりレベルを略一定にする。このようにすれば、光利得監視により波長に対する過度のゲインチルトを発生させることなく、最大値一定制御を効果的にできる。

【0034】図12において、30は分枝カプラであり、分枝カプラ22で分枝した出力光(波長多重光)を更に分枝して最大値一定制御系と利得一定制御系に入力するもの、31は分枝カプラ30で分枝した出力光を電気信号に光電変換するホトダイオード、41は入力光(波長多重光)を分枝する光分枝カプラ、42は分枝カプラで分枝した入力光を電気信号に光電変換するホトダイオード、43は利得一定制御部であり、ホトダイオード31、42から出力する電気信号に基づいて出力パワーと入力パワーを求め、それらの比から光利得を算出し、検出利得と設定利得の差に応じた信号を出力するもの、44は制御補正部であり、検出した最大ピーク(ピーク検出値)とピーク設定値との差により、(1) 該ピーク検出値がピーク設定値となるように、あるいは、(2) 前記光利得検出値が光利得設定値となるように帰還信号を光ファイバ増幅器の励起光源29に入力するものである。

【0035】図13は制御補正部44の構成例であり、44aはピーク検出値とピーク設定値の差を演算して出力するオペアンプ、44bは光利得検出値と光利得設定値の差を演算して出力するオペアンプ、44c、44dはダイオードでダイオードスイッチを構成しており、2つのオペアンプのうちレベルが高い方を出力するように

15

接続されている。ピーク検出値がピーク設定値より相当大きくなると、オペアンプ44aの出力は負で、その絶対値は大きくなる。ピーク検出値が大きくなっても検出利得の変化は小さく、オペアンプ44bの出力の絶対値は小さい。このため、オペアンプ44bの出力レベルがオペアンプ44aの出力レベルより高くなり、光利得検出値と光利得設定値の差が帰還信号となり、励起光源29に入力し、光利得が一定となるような制御が行われる。

【0036】一方、ピーク検出値とピーク設定の差が小さい場合には、オペアンプ44aの出力レベルがオペアンプ44bの出力レベルより高くなり、ピーク検出値とピーク設定値の差が帰還信号となり、励起光源29に入力し、ピーク検出値がピーク設定値となるような制御が行われる。以上第4実施例では、波長多重光ピーク検出部23として図1の構成を使用した構成について示したが、図5の波長可変光フィルタ13<sub>1</sub>〜13<sub>n</sub>を縦続接続した構成や図6の光等化フィルタ16を波長可変光フィルタ13の後段に設ける構成を使用することができる。

【0037】(e) 第5実施例

図14は本発明の波長多重光制御装置の第5実施例構成図であり、第1実施例(図7)の波長多重光制御装置の前段に光利得一定制御の光ファイバ増幅器を設け、利得一定制御と最大値一定制御を独立して行う例である。図14において、20は最大値一定制御部、50は光利得一定制御部である。最大値一定制御部20は最大ピーク値を一定値にするもので、第1実施例(図7)の波長多重光制御装置と同一の構成を有している。21は波長多重光を伝搬する光ファイバ、22は波長多重光を分岐する光分岐カプラ、23は波長多重光のピークを検出する波長多重光ピーク検出部、24は出力光の光レベルを制御する可変光減衰器である。波長多重光ピーク検出部23において、13は波長可変光フィルタ、14は光電変換手段としてのホトダイオード(PD)、15はピーク検出回路である。

【0038】光利得一定制御部50は光ファイバ増幅器の出力レベルと入力レベルの比(利得)を一定にするもので、51は光ファイバ、52、53は光アイソレータ、54は励起光と信号光を合波する波長多重カプラ、55は信号光を増幅するエルビウムドープファイバ(EDF)などの光増幅用ファイバ、56は信号光より波長が短くエネルギーの大きな励起波長光を発生して光増幅用ファイバに入力するレーザダイオード(励起光源)、57は光ファイバ増幅器の出力光(波長多重光)を分岐する分岐カプラ、58は分岐カプラで分岐した出力光を電気信号に光電変換するホトダイオード、59は入力光(波長多重光)を分岐する光分岐カプラ、60は分岐カプラで分岐した入力光を電気信号に光電変換するホトダイオード、61は利得一定制御部で、ホトダイオード58、60から出力する電気信号に基づいて出力光のパワ

16

ーと入力光のパワーを求め、それらの比から光利得を検出し、検出利得と設定利得の差に応じた帰還信号を励起光源56に入力するものである。

【0039】第5実施例によれば、利得一定制御部50において利得一定制御を行うことで各チャネルの利得を均一にできる。このため各波長のレベルを略均一にでき、最大値一定制御部20において最大値一定制御することでチャネル数に関係なくパワー最大の一波のみの制御で出力光のパワー一定制御ができ、しかも、各チャネルのレベル(パワー)を均一にできる。又、第5実施例によれば、ゲインチルト維持の制御と、チャネルあたりの光レベル制御を独立させ、制御の複合化、複雑化を回避する効果もある。以上の第5実施例では、波長多重光ピーク検出部23として図1の構成を使用した構成を示しているが、図5の波長可変光フィルタ13<sub>1</sub>〜13<sub>n</sub>を縦続接続した構成や図6の光等化フィルタ16を波長可変光フィルタ13の後段に設ける構成を使用することができる。

【0040】(f) 第6実施例

図15は本発明の波長多重光制御装置の第6実施例構成図であり、図14の第5実施例と同一部分には同一符号を付している。第6実施例は、第5実施例の最大値一定制御部20内に第2の光利得一定制御部70を設けたもので、各光利得一定制御部50、70の光ファイバ増幅器を縦続接続することにより高出力が得られるようになっている。

【0041】図15において、70は第2の光利得一定制御部であり、第1の光利得一定制御部50と同一構成を有している。71は光ファイバ、72、73は光アイソレータ、74は励起光と信号光を合波する波長多重カプラ、75は信号光を増幅するエルビウムドープファイバ(EDF)などの光増幅用ファイバ、76は信号光より波長が短くエネルギーの大きな励起波長光を発生して光増幅用ファイバに入力するレーザダイオード(励起光源)、77は光ファイバ増幅器の出力光(波長多重光)を分岐する分岐カプラ、78は分岐カプラで分岐した出力光を電気信号に光電変換するホトダイオード、79は入力光(波長多重光)を分岐する光分岐カプラ、80は分岐カプラで分岐した入力光を電気信号に光電変換するホトダイオード、81は利得一定制御部で、ホトダイオード78、80から出力する電気信号に基づいて出力光のパワーと入力光のパワーを求め、それらの比から光利得を検出し、検出利得と設定利得の差に応じた帰還信号を励起光源76に入力するものである。

【0042】第6実施例によれば利得一定制御部50、70において利得一定制御を行うことで各チャネルの利得を均一にして各波長のレベルを略均一にできる。そして、各波長のレベルを略均一にした状態で最大値一定制御部20において最大値一定制御をするため、チャネル数に関係なくパワー最大の一波のみの制御で出力光のパ

ワー一定制御ができ、しかも、各チャネルのレベル(パワー)を均一にできる。又、第6実施例によれば、高出力化、多チャネル化が可能であり、更に、可変光減衰器24を光ファイバ増幅器間に設置することにより、該可変光減衰器設置によるS/N劣化を緩和し、さらには、励起効率の低減を抑制できる。以上の第6実施例では、波長多重光ピーク検出部23として図1の構成を使用した場合を示しているが、図5の波長可変光フィルタ13、 $1 \sim 13n$ を縦続接続した構成や図6の光等化フィルタ16を波長可変光フィルタ13の後段に設ける構成を使用

10

【0043】(g)第7実施例

図16は本発明の波長多重光制御装置の第7実施例構成図であり、図15の第6実施例と同一部分には同一符号を付している。図16の第7実施例において第6実施例と異なる点は、(1)出力光のレベルを制御する手段として、最大値一定制御系とトータルパワー一定制御系を設け、(2)最大ピーク値Peakの値に基づいて最大値一定制御とトータルパワー一定制御を行うようにした点である。図15において、91はホトダイオード78から出力する電気信号より出力光(波長多重光)のトータルパワーP<sub>o</sub>を検出する光パワー検出回路、92はホトダイオード14から出力する電気信号のピークをカウントして多重波長光の数(多重チャネル数)Nchを検出する波長数カウンタ、93は光出力レベル制御部であり、検出した最大ピーク値(ピーク検出値P<sub>peak</sub>)とパワー検出値P<sub>o</sub>に基づいて、(1)ピーク検出値が設定値となるように、あるいは、(2)パワー検出値が設定値となるように帰還信号を光ファイバ増幅器の励起光源29に入力するものである。

20

30

【0044】光出力レベル制御部93は、 $P_o > P_{peak} \cdot Nch$  (1)であれば、 $P_{peak} \cdot Nch$ と設定パワーP<sub>s</sub>の差( $= P_s - P_{peak} \cdot Nch$ )を可変光減衰器24に入力し、可変光減衰器24は該差が零となるように光レベルを制御する。尚、 $P_{peak} \cdot Nch$ と設定パワーP<sub>s</sub>の差を零とする制御は、換言すれば、検出ピーク値P<sub>peak</sub>を設定値( $= P_s / Nch$ )となるように制御することである。又、光出力レベル制御部93は、 $P_o \leq P_{peak} \cdot Nch$  (2)であれば、P<sub>o</sub>と設定パワーP<sub>s</sub>の差( $= P_s - P_o$ )を可変光減衰器24に入力し、可変光減衰器24は該差が零となるように光レベルを制御する。

40

【0045】(1)式が成立するときは、比較的チャネル数が少なく、又、ASEレベル(光ファイバ増幅器の雑音レベル)が多く含まれる。かかる場合は、パワー検出値P<sub>o</sub>が一定になるように制御しても、光に含まれる雑音パワーが大きいため、真の光パワーを一定に制御できない。そこで、検出ピーク値P<sub>peak</sub>が設定値( $= P_s / Nch$ )となるように制御する。一方、(2)式が成立するとき、ゲインチルト(各波長のゲインが異なること)などに

50

より、一つのチャネルのレベルが他より過大となっている可能性がある。かかる場合、ピーク検出値P<sub>peak</sub>が設定値( $= P_s / Nch$ )となるように制御してもトータルの光パワーを一定に制御できず、しかも、各チャネルのレベル差を小さくできない。そこで、パワー検出値P<sub>o</sub>が一定になるように制御する。

【0046】以上の第7実施例では、波長多重光ピーク検出部23として図1の構成を使用した場合を示しているが、図5の波長可変光フィルタ13、 $1 \sim 13n$ を縦続接続した構成や図6の光等化フィルタ16を波長可変光フィルタ13の後段に設ける構成を使用することができる。以上、本発明を実施例により説明したが、本発明は請求の範囲に記載した本発明の主旨に従い種々の変形が可能であり、本発明はこれらを排除するものではない。

【0047】

【発明の効果】以上本発明の波長多重光検出装置によれば、ホトダイオードアレイ、波長合成分波器などを使用せず、小型、簡単な構成で、しかも、チャネル数に制限されことなく、波長多重光の一波当りの(チャネル当りの)パワー最大値を検出でき、又、周期的掃引手段を設けることにより、周期的に各波長光を波長可変光フィルタより出力でき、容易に各波長光のピーク値/最大ピーク値、波長多重数(チャネル数)を検出できる。又、2以上の波長可変光フィルタを縦続接続し、各波長可変光フィルタを周期的に同期掃引することにより、半値幅の狭い波長光を出力でき、波長間隔が短い場合に有利である。又、波長可変光フィルタの後段に光等化フィルタを設けることにより、各波長のピーク値検出精度を向上でき、ピーク値、波長多重数の検出精度を向上することができる。

【0048】又、本発明の波長多重光制御装置によれば、ホトダイオードアレイ、波長合成分波器などを使用せず、小型、簡単な構成で、しかも、チャネル数に制限されずに、波長多重光の一波当りのパワー最大値を検出し、該最大値が設定値と等しくなるように制御できる。すなわち、本発明によれば、パワー最大の一波のみの制御で出力光のパワー一定制御ができる。又、本発明によれば、2以上の波長可変光フィルタを縦続接続し、各波長可変光フィルタを周期的に同期掃引することにより、半値幅の狭い波長光を出力でき、波長間隔が短い場合にも各波長の光レベルの検出精度を向上して高精度の光出力レベルの一定制御ができる。又、本発明によれば、波長可変光フィルタの後段に光等化フィルタを設けることにより、各波長の光パワーの検出精度を向上して高精度の光出力レベルの一定制御ができる。

【0049】又、本発明の波長多重光制御装置によれば、検出した最大のピーク値が各波長光のレベルより突出しているか否かに基づいて、(1)該ピーク値が設定値となるように帰還信号を生成し(最大値一定制御)、あるいは、(2)出力光(波長多重光)の検出パワーが設定

パワーとなるように帰還信号を生成し（パワー一定制御）、該帰還信号を光ファイバ増幅器の励起光源に入力するから、最大ピーク値が各波長光のレベルより突出する場合であっても、パワー一定制御によりパワーを一定にでき、しかも、各波長光のレベル差を少なくでき、以後に行われる最大値一定制御をより効果的にすることができる。又、光電変換手段から出力する電気信号のピーク値に基づいて波長多重数を検出し、波長多重数に応じて設定パワーを変更することにより、良好な光レベル一定制御ができる。

【0050】又、本発明の波長多重光制御装置によれば、検出した最大のピーク値が各波長光のレベルより突出しているか否かに基づいて、(1) 該ピーク値が設定値となるように帰還信号を生成し（最大値一定制御）、あるいは、(2) 検出利得が設定利得となるように帰還信号を生成し（利得一定制御）、該帰還信号を光ファイバ増幅器の励起光源に入力するから、過度のゲインチルトを発生させることなく、最大値一定制御を効果的に行うことができる。すなわち、最大ピーク値が突出すれば、利得一定制御を行って各チャネルの利得を均一にして各波長光レベルの差を小さくでき、以後に行われる最大値一定制御をより効果的にすることができる。又、本発明の波長多重光制御装置によれば、利得一定制御部において利得一定制御を行って各チャネルの利得を均一にし、これにより、各波長光レベルを略均一にした状態で最大値一定制御をするため、チャネル数に関係なくパワー最大の一波のみの制御で出力光のパワー一定制御ができ、しかも、各チャネルのレベルを均一にできる。

【0051】又、本発明によれば、光ファイバ増幅器を縦続接続することにより高出力化、他チャネル化を可能にした波長多重光制御装置であっても、利得一定制御を行って各チャネルの利得を均一にし、これにより各波長光レベルを略均一にした状態で最大値一定制御をするようにしたから、チャネル数に関係なくパワー最大の一波のみの制御で出力光のパワー一定制御ができ、しかも、各チャネルのレベルを均一にでき、更には、高出力、多チャネル化が可能となる。又、可変光減衰器を光ファイバ増幅器間に設置することにより、可変光減衰器設置による S/N の劣化を緩和し、さらには、励起効率の低減を抑圧できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の波長多重光検出装置の第 1 実施例である。

【図 2】波長可変光フィルタの構成図である。

【図 3】波長可変光フィルタのチューニング特性図である。

【図 4】波長多重光の入射スペクトルと受光レベル時間変化説明図である。

【図 5】本発明の波長多重光検出装置の第 2 実施例である。

【図 6】本発明の波長多重光検出装置の第 3 実施例である。

【図 7】本発明の波長多重光制御装置の第 1 実施例である。

【図 8】本発明の波長多重光制御装置の第 2 実施例である。

【図 9】本発明の波長多重光制御装置の第 3 実施例である。

【図 10】制御補正部の構成図である。

【図 11】第 3 実施例の変形例である。

【図 12】本発明の波長多重光制御装置の第 4 実施例である。

【図 13】制御補正部の構成図である。

【図 14】本発明の波長多重光制御装置の第 5 実施例である。

【図 15】本発明の波長多重光制御装置の第 6 実施例である。

【図 16】本発明の波長多重光制御装置の第 7 実施例である。

【図 17】従来の波長多重光検出装置の説明図である。

【図 18】従来の波長多重光検出・制御装置の構成図である。

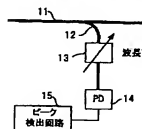
【図 19】従来の波長多重光検出・制御装置の別の構成図である。

【符号の説明】

- 11・・・光ファイバ
- 12・・・光分岐カプラ
- 13・・・波長可変光フィルタ
- 14・・・ホトダイオード
- 15・・・ピーク検出回路
- 24・・・可変光減衰器
- 28・・・光増幅用ファイバ

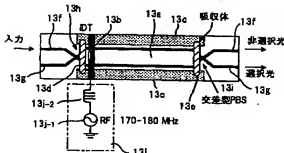
【図1】

本発明の波長多重光検出装置の第1実施例



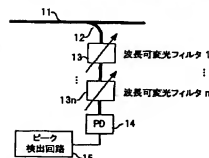
【図2】

波長可変光フィルタの構成



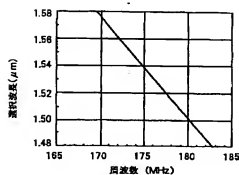
【図5】

本発明の波長多重光検出装置の第2実施例



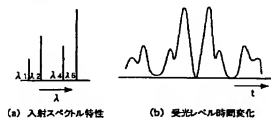
【図3】

波長可変光フィルタのチューニング特性



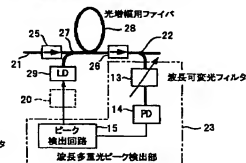
【図4】

波長多重光の入射スペクトルと受光レベル時間変化



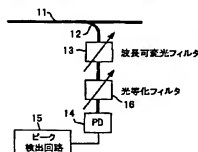
【図8】

本発明の波長多重光制御装置の第2実施例



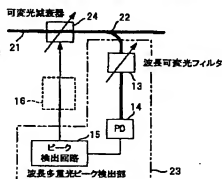
【図6】

本発明の波長多重光検出装置の第3実施例



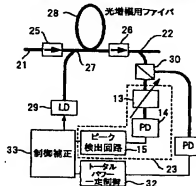
【図7】

本発明の波長多重光制御装置の第1実施例



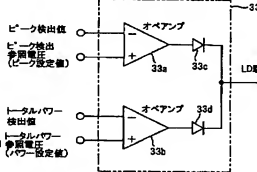
【図 9】

本発明の波長多重光制御装置の第3実施例



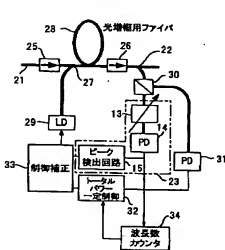
【図 10】

制御補正部の構成



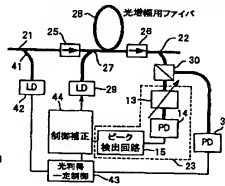
【図 11】

第3実施例の変形例



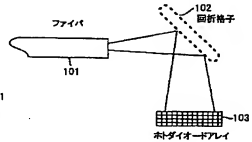
【図 12】

本発明の波長多重光制御装置の第4実施例



【図 17】

従来の波長多重光の輸出手段

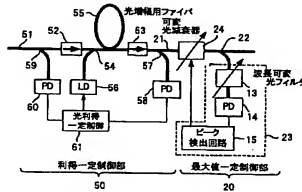
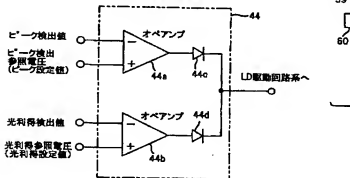


【図 14】

本発明の波長多重光制御装置の第5実施例

【図 13】

制御補正部の構成





【図18】

従来の波長多重光の検出・制御手段の構成

